

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-121975

(43)Date of publication of application : 09.05.1990

(51)Int.Cl.

C07D307/79  
C09K 15/08

(21)Application number : 63-272657

(71)Applicant : EISAI CO LTD

(22)Date of filing : 28.10.1988

(72)Inventor : HIROSE NORIYASU  
HAMAMURA KICHISABURO  
BANBA TAKASHI  
KIJIMA SHIZUMASA

## (54) 2,3-DIHYDROBENZOFURAN DERIVATIVE

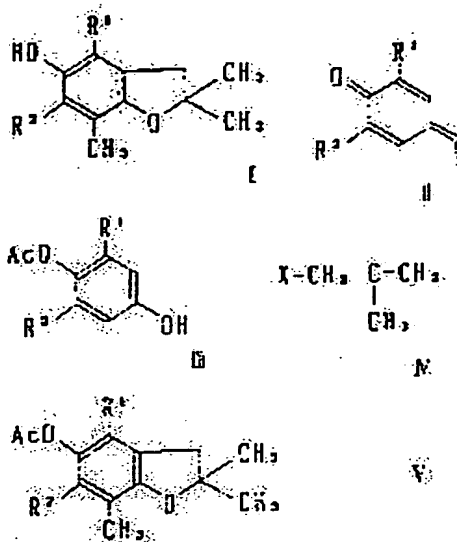
## (57)Abstract:

NEW MATERIAL: 2,3-dihydrobenzofuran derivative of formula I (R<sup>1</sup> is 2-4C straight or branched-chain alkyl; R<sup>2</sup> is 1-4C straight or branched-chain alkyl).

EXAMPLE: 2,2-Dimethyl-4,6-diisopropyl-5-hydroxy-2,3-dihydrobenzofuran.

USE: It has antioxidant action and is used as an antioxidant agent, a radical scavenger or their synthetic intermediate.

PREPARATION: For example, 2,6-disubstituted 1,4-benzoquinone of formula II is reductively acetylated, and the product is partially hydrolyzed into a compound of formula III. The compound of formula III is hydroxymethylated, reduced and the product is subjected to condensed ring closure to give a compound of formula V. Then, acetyl group is eliminated from the compound of formula V to give the objective compound of formula I.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-121975

⑮ Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成2年(1990)5月9日

C 07 D 307/79

7822-4C

C 09 K 15/08

7043-4H

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全11頁)

⑭ 発明の名称 2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体

⑯ 特 願 昭63-272657

⑰ 出 願 昭63(1988)10月28日

⑱ 発 明 者 広 瀬 徳 康 東京都国分寺市日吉町2-36-17  
 ⑱ 発 明 者 浜 村 吉 三 郎 千葉県柏市松葉町2-20-5  
 ⑱ 発 明 者 番 場 孝 東京都板橋区成増1-17-2 コーポ静香302  
 ⑱ 発 明 者 貴 島 静 正 千葉県柏市柏999-18  
 ⑲ 出 願 人 エーザイ株式会社 東京都文京区小石川4丁目6番10号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 古 谷 馨

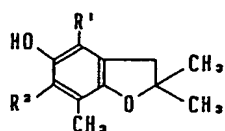
## 明 細 書

## 1. 発明の名称

2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体

## 2. 特許請求の範囲

## 1 一般式



(式中、R<sup>1</sup>は炭素数2～4の直鎖若しくは分枝状の低級アルキル基を意味し、R<sup>2</sup>は炭素数1～4の直鎖若しくは分枝状の低級アルキル基を意味する。)

で表される2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体。

2 R<sup>1</sup>がイソプロピル基である請求項1記載の2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体。

3 R<sup>1</sup>がターシャリーブチル基である請求項1記載の2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体。

4 R<sup>2</sup>がイソプロピル基である請求項1記載の2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体。

5 R<sup>2</sup>がメチル基である請求項1記載の2, 3-ジ

ヒドロベンゾフラン誘導体。

6 R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>がいずれもイソプロピル基である請求項1記載の2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体。

7 R<sup>1</sup>がイソプロピル基であり、R<sup>2</sup>がメチル基である請求項1記載の2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体。

8 R<sup>1</sup>がターシャリーブチル基であり、R<sup>2</sup>がメチル基である請求項1記載の2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は新規な2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体およびその製造方法に関するものであり、本発明によって提供される新規化合物は抗酸化作用を有しており、抗酸化剤、ラジカルスクベンジャーまたはその合成中間体として極めて有用である。

〔従来の技術および発明が解決しようとする課題〕

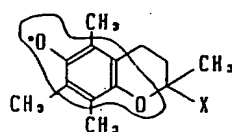
生体内抗酸化作用を中心とする様々な生理活性が報告され、注目されるようになったα-ト

コフェロールはビタミンEとしての生理活性から医薬品、食品、飼料などに配合されるのみならず、その抗酸化作用によってゴム、合成樹脂、油脂などの酸化防止剤としても広く採用されている。これらの物質に対する酸化防止剤としては、比較的高価で、容易に酸化されて自ら着色する $\alpha$ -トコフェロールよりも更に効果的で、安価で供給され得る新しい酸化防止剤の開発が行われている。そして、 $\alpha$ -トコフェロールの2位の側鎖4,8,12-トリメチルトリデシル基を変換した化合物である種々の3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン誘導体が酸化防止剤として提案されている(特開昭56-145283、特開昭57-146768、特開昭57-158776、特開昭59-98078、特開昭59-118781、特開昭58-201775、特開昭59-161373、特開昭59-204183、特開昭59-225177、特開昭59-227877、特開昭60-94976)。

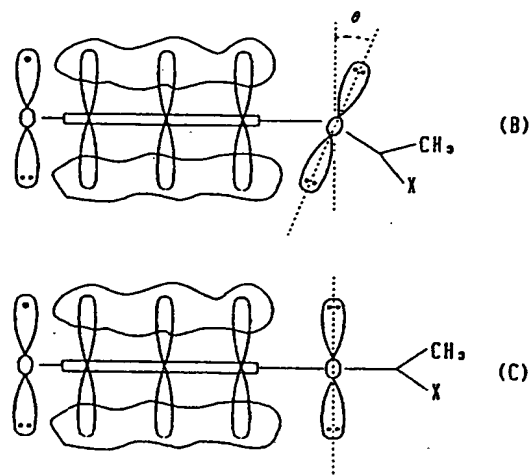
最近、 $\alpha$ -トコフェロールの3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン環を2,3-ジヒドロベンゾフラン環に変換した化合物に $\alpha$ -トコフェロー

ルに対比して約1.8倍に相当するビタミンE活性が認められたことが報告されている(K. U. Ingold, FEBS LETTERS 205, 117 (1986))。 $\alpha$ -トコフェロールは酸素感受性な有機化合物が酸化を受けて生じたペルオキシラジカルからラジカルを受け取って非ラジカル生成物となし、自らは $\alpha$ -トコフェリルラジカルとなって、ペルオキシラジカルによって連続的に引き起こされる酸化反応を停止させる。そして、この時生成した $\alpha$ -トコフェリルラジカルは(A)に示すようにフェノール性水酸基の酸素原子上に生じたラジカルがパラ位に存在するもう一方の酸素原子のローンペアー電子までベンゼン環上の $\pi$ -電子雲を介して広範囲にわたって共鳴するため、安定化しやすくなっていると考えられている。この状態を $\alpha$ -トコフェロールの3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン環に対して水平面から眺めると(B)のようになり、ラジカルが共鳴安定化している状態がよく説明される。しかしこの場合、フェノール性水酸基のパラ位に位置

する酸素原子のローンペアー軌道とベンゼン環の平面に対する垂直線のなす角( $\theta$ )は約 $17^\circ$ を示している。もしこの角度( $\theta$ )を $0^\circ$ 、言い換えれば、酸素原子のローンペアー軌道がベンゼン環平面に垂直な構造をとれば、ラジカルはさらに共鳴安定化しやすくなり、ラジカル捕捉能が上がり、高い抗酸化活性を示すことが推測される。かかる条件を満たす化合物として、2,3-ジヒドロベンゾフラン誘導体が考えられるが、本化合物を(B)と同様に水平面から眺めると(C)の如く示され、環の平面性がより高まり、ラジカルがより共鳴安定化することが予測される。



(A)



(式中 XはC<sub>12</sub>H<sub>25</sub>を示す)

Ingoldらは、この考え方に基づいて、 $\alpha$ -トコフェロールの3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン環を2,3-ジヒドロベンゾフラン環に変換した化合物を合成し、そのビタミンE活性を測定して、仮説の正しさを証明した。

以上の事実から、2,3-ジヒドロベンゾフラ

ン骨格はラジカル捕捉による酸化防止作用発現に対して、より好ましい構造であることが示された。

また最近、(2,3-ジヒドロ-5-ヒドロキシ-4,6,7-トリメチル-1-ベンゾフラン-2-イル)-アルコール類およびそのエステル類は酸化防止作用を有し、有機材料の酸化防止剤として有用であると提案されている(特開昭63-88173)。

しかし、上記の様々な3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン誘導体ならびに2,3-ジヒドロベンゾフラン誘導体は何れも未だ酸化防止剤として必ずしも満足できるまでには到っていない。

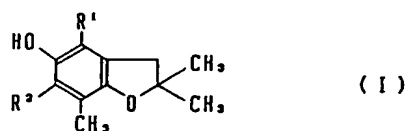
斯くして、より高い酸化防止作用を有し、ラジカルスクベンジャーとして或いは少量の添加量によって有機物質の酸化を防ぐことの出来る新規な抗酸化剤の開発が求められていた。

〔課題を解決するための手段〕

本発明者らは、上記の実情に鑑み、より活性の高いラジカルスクベンジャー、抗酸化剤の

た。

本発明化合物は次の化学構造式を有する2,3-ジヒドロベンゾフラン誘導体である。



(式中、R<sup>1</sup>は炭素数2～4の直鎖若しくは分枝状の低級アルキル基を意味し、R<sup>2</sup>は炭素数1～4の直鎖若しくは分枝状の低級アルキル基を意味する。)

上記の式において、R<sup>1</sup>は炭素数2～4の直鎖若しくは分枝状の低級アルキル基を意味するが、例えば、エチル、n-プロピル、イソプロピル、n-ブチル、イソブチル、tert-ブチル基などが好ましい。また、R<sup>2</sup>は炭素数1～4の直鎖若しくは分枝状の低級アルキル基を意味するが、例えばメチル、エチル、n-プロピル、イソプロピル、n-ブチル、イソブチル、tert-ブチル基などが好ましい。

本発明化合物は種々の方法によって製造する

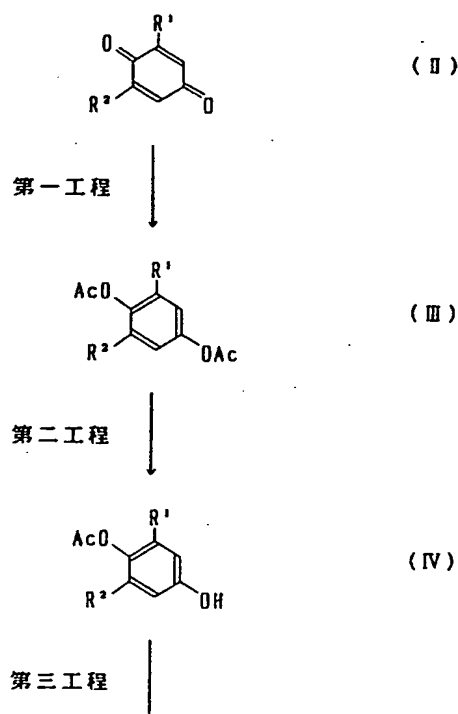
開発を目標に鋭意検討を重ねた結果、次に示す2,3-ジヒドロベンゾフラン誘導体が所期の目的を達することを見出し、本発明を完成した。

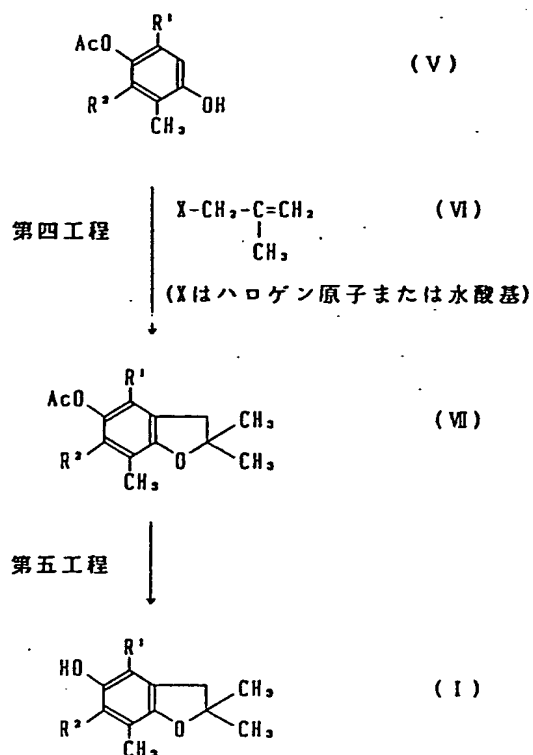
即ち、本発明は以下の二つの思想を結合させることによって達成された。

- (1) α-トコフェロールの母核である6-ヒドロキシ-3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン環よりも高い抗酸化活性を発現させる素因を有すると考えられる5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン環を母核とする。
  - (2) 5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン誘導体がペルオキシラジカルと遭遇したときに生成する2,3-ジヒドロベンゾフラン-5-オキシラジカルのさらなる安定化効果を狙って、5位のフェノール性水酸基の両オルト位、または一方のオルト位に嵩高いアルキル置換基を導入することによって、より高い抗酸化活性を引き出す。
- その結果、上記思想を充足する化合物群に極めて高い抗酸化活性を見出し、目的を達成し

ことが可能であるが、代表的な方法を述べれば以下のとおりである。

#### 製造方法





各工程は、それぞれ常法にしたがうが、各工

ノール溶液に室温ないし冷却下で、等モルの苛性アルカリ水溶液を加えることによって行われるが、氷冷下にヒドロサルファイトナトリウムの存在のもと行うことが好ましい。

#### (第三工程)

本工程は3,5-ジ置換-ヒドロキノン-4-アセテート(IV)をヒドロキシメチル化して2-ヒドロキシメチル-3,5-ジ置換-ヒドロキノン-4-アセテートとなし、次いで還元によって2-メチル-3,5-ジ置換-ヒドロキノン-4-アセテート類(V)に導く工程である。

ヒドロキシメチル化反応は、ホルマリンと苛性アルカリ水溶液中での通常の反応条件下でも進行するが、パラホルムアルデヒド、ホウ酸および酢酸の存在のもと、トルエン溶媒中で還流して行うのが好ましい。

ヒドロキシメチル基のメチル基への還元反応は、前工程の反応液中に酢酸および濃塩酸を加え、室温で攪拌しながら亜鉛末を加える

程について簡単に説明すれば以下のとおりである。

#### (第一工程)

本工程は2,6-ジ置換-1,4-ベンゾキノン類(II)を還元的アセチル化反応を行って2,6-ジ置換-ヒドロキノン-1,4-ジアセテート類(III)に導く工程である。

該反応は、(II)を無水酢酸、無水酢酸ナトリウムあるいは無水酢酸カリウムおよび酢酸の混合物に溶解してのち、亜鉛末を添加し、室温ないし加熱条件下で攪拌して行う。さらに、ベンゼン、トルエンなどの不活性溶媒中、還流条件下で反応させることが好ましい。

#### (第二工程)

本工程は第一工程で得られる2,6-ジ置換-ヒドロキノン-1,4-ジアセテート類(III)を緩やかな反応条件下で部分加水分解を行って3,5-ジ置換-ヒドロキノン-4-アセテート類(IV)に導く工程である。

本反応は(III)のメタノールあるいはエタ

ノールによって達成される。

#### (第四工程)

本工程は2-メチル-3,5-ジ置換-ヒドロキノン-4-アセテート(V)に3-クロロ-2-メチル-1-プロペンまたは2-メチル-2-プロペン-1-オールなどの(VI)を縮合閉環させて、2,2-ジメチル-4,6-ジ置換-5-アセトキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン類(VII)を製造する工程である。

本反応に用いる縮合剤は、三弗化ホウ素エーテラート、無水塩化亜鉛、無水塩化アルミニウムなどのルイス酸の中から選ばれ、反応溶媒としては酢酸エチル、ジオキサン、ジクロロメタン、トルエンあるいはそれらの混合液が選ばれる。

反応温度は室温から使用溶媒の沸点までが適用される。

副反応を抑え、収率を向上させるためには、(VI)は3-クロロ-2-メチル-1-プロ

ベンの使用が好ましく、ジクロロメタン溶媒中、酢酸の存在下で、無水塩化亜鉛を縮合剤として室温で反応させるのが特に好ましい。

#### (第五工程)

本工程は 2,2-ジメチル-4,6-ジ置換-5-アセトキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン類 (VII) のフェノール性水酸基の保護基であるアセチル基を脱離させて 2,2-ジメチル-4,6-ジ置換-5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン類 (I) を製造する工程である。

本工程はメタノール、エタノール、アセトン、ベンゼン、クロロホルムなどの溶媒中で稀水酸化ナトリウム、稀水酸化カリウムなどのアルカリ水溶液と加熱して加水分解させることによって達成されるが、特に乾燥したジエチルエーテルまたはテトラヒドロフラン溶媒中、冷却下にリチウムアルミニウムヒドリドによって還元的に脱アセチル化を行うのが、生成物の着色を防ぐ意味で好ましい結果

を与える。

以下、本発明化合物ならびに対照化合物についての抗酸化作用の試験およびその結果を実験例にて示す。

#### 実験例

##### 試験方法

本試験は中野ら (K. Sugioka and M. Nakano, Biochem. Biophys. Acta., 713, 333 (1982); M. Nakano, K. Sugioka et al., Biochem. Biophys. Res. Commun., 142, 914 (1987)) による脂質源としてのリン脂質リポソームと脂質過酸化の開始剤としての鉄-ADP-アドリアマイシン錯体を用いるリン脂質の過酸化反応法に準じて実施した。

##### 1. リポソームの調製:

ラット肝小胞体から得られた肝小胞体リン脂質と被験化合物 (0.5  $\mu$ M および 0.3  $\mu$ M) をクロロホルム-メタノール (2:1, v/v) 中で混ぜた後、有機溶媒を留去した。次いで、得られた残渣を 0.1M Tris-HCl 緩衝液中 pH7.5

で超音波処理して均質なリポソーム液を得た。

##### 2. インキュベーション:

インキュベーション混合物は上記リポソーム液 (1 ml あたり 0.85  $\mu$ M の脂質リンを含む)、0.1mM Fe<sup>2+</sup>, 1.67mM ADP, 0.2mM アドリアマイシンおよび 0.1M Tris-HCl 緩衝液 (pH7.5) で構成され、全量 3.8 ml になる様に調製した。インキュベーションは 37℃ で行い、アドリアマイシンの添加によって反応を開始させた。

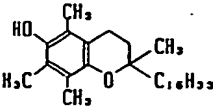
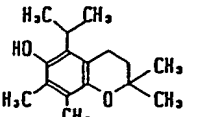
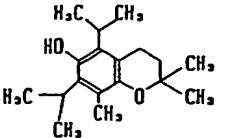
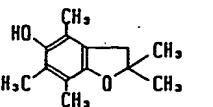
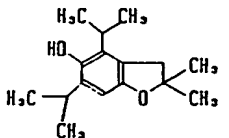
##### 3. 評価法:

被験化合物による脂質の過酸化反応抑制効果を過酸化反応開始までの遅延時間によって観測した。即ち、被験化合物を加えないコントロールに対する被験化合物による酸素消費開始に到るまでの遅延時間 (誘導期) の測定を行い、各化合物の抗酸化活性を評価した。

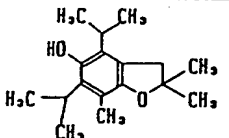
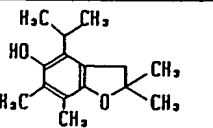
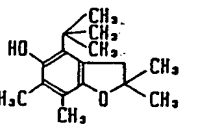
#### 試験成績

前記試験方法に従って、各被験化合物 0.5  $\mu$ M および 0.3  $\mu$ M が示す抗酸化活性を酸素消費開始に到るまでの遅延時間をもって表し、対照化合物との相対活性強度で示した (第1表)。

第 1 表

被験化合物	構造式	遅延時間 (min)		
		0.5 $\mu$ M	0.3 $\mu$ M	相対活性強度
コントロール	—	0.5~1.8	0.5~1.8	—
<i>d</i> - $\alpha$ -トコフェロール		5.3	—	—
対象化合物 (1)		14.2	—	—
対象化合物 (2)		9.0	—	—
対象化合物 (3)		—	6.1	1
対象化合物 (4)		—	3.8	0.6

第 1 表 (続 き)

被験化合物	構造式	遅延時間 (min)		
		0.5 $\mu$ M	0.3 $\mu$ M	相対活性強度
本発明化合物 (1) (実施例 1)		20.3	7.5	1.2
本発明化合物 (2) (実施例 2)		—	51.0	8.4
本発明化合物 (3) (実施例 3)		—	55.0	9.0



第1表から明らかなように、本発明化合物2, 3-ジヒドロベンゾフラン誘導体は本試験法において $d-\alpha$ -トコフェロールよりもはるかに高い抗酸化活性を示した。

本発明化合物(1)と対照化合物(2)および本発明化合物(2)と対照化合物(1)の活性比較から明らかな如く、同じ核置換基を有しているこれらの化合物群において、2,3-ジヒドロベンゾフラン環は3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン環よりも高い抗酸化活性を発現させるのにより効果的な化学構造を有していることを示している。また、2,3-ジヒドロベンゾフラン環を持つ化合物群においても、本発明化合物(1), (2), (3)と対照化合物(3)の活性比較から明白なように、フェノール性水酸基のオルト位への嵩高いアルキル置換基の導入は対応する位置へのメチル基導入よりも抗酸化活性を増大せしめることを示している。さらに、本発明化合物(1)と対照化合物(4)の活性比較から明らかな如く、2,3-ジヒドロベンゾフラン環の7位のメチル

基は活性発現に大きな役割を果たしていることを示している。

この様に、本発明化合物、即ち4位および(あるいは)6位に嵩高いアルキル置換基を持ち、7位にメチル基を有する2,2-ジメチル-2,3-ジヒドロベンゾフラン類は極めて高い抗酸化活性を有しているところから、抗酸化剤、ラジカルスクベンジャーあるいはそれらの合成中間体として期待される。

#### [実施例]

以下に本発明を実施例によって説明する。なお、本発明はこれらの実施例により限定されるものではない。

#### 実施例 1

##### 2,2-ジメチル-4,6-ジイソプロピル-5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン

##### (1) 2,6-ジイソプロピルヒドロキノン-1,4-ジアセテートの合成

2,6-ジイソプロピル-1,4-ベンゾキノン19.4g、無水酢酸50ml、酢酸20ml、無水酢

酸ナトリウム3g、亜鉛末5gおよびトルエン60mlを混じ、攪拌しながら2時間還流させた。反応液を氷水500ml中に注加し、ベンゼン300mlにて2回抽出し、水洗後、無水硫酸マグネシウムで脱水乾燥させた。溶媒を留去して得られた黄色固形残渣を $n$ -ヘキサンとジエチルエーテルの混合液から再結晶して、融点85~87℃を示す白色針状結晶23.7g (収率85.3%)を得た。

##### (2) 3,5-ジイソプロピルヒドロキノン-4-アセテートの合成

2,6-ジイソプロピルヒドロキノン-1,4-ジアセテート25.4gをエタノール400mlに溶解し、5℃にて攪拌しつつ、ハイドロサルファイトナトリウム5g、水酸化ナトリウム4gを含む水溶液40mlを1時間かけて徐々に滴下した。反応液を氷水1ℓ中に注ぎ、稀塩酸にて中和した後、ジエチルエーテル500mlにて抽出し、無水硫酸マグネシウムで脱水乾燥後、溶媒を留去した。得られた黄白色固形

残渣をエタノールと $n$ -ヘキサンから再結晶して、融点65~66℃を示す無色針状結晶17.4g (収率81.3%)を得た。

##### (3) 2-メチル-3,5-ジイソプロピルヒドロキノン-4-アセテートの合成

3,5-ジイソプロピルヒドロキノン-4-アセテート14.2g、パラフォルムアルデヒド6.4g、ホウ酸5.6g、酢酸1ml、およびトルエン60mlを混合し、攪拌しながら3時間還流させた。冷後、反応液に酢酸5ml、濃塩酸5mlを加え、攪拌しつつ亜鉛末5gを3回に分けて加えた。発泡と発熱が止んでからしばらく攪拌した後、反応液を氷水300ml中にあけ、ジエチルエーテル300mlで2回抽出し、水洗、乾燥後、溶媒を留去した。得られた黄白色固形残渣を $n$ -ヘキサンから再結晶して、融点111~113℃の白色針状結晶14.2g (収率94.7%)を得た。

##### (4) 2,2-ジメチル-4,6-ジイソプロピル-5-アセトキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラ

ンの合成

2-メチル-3,5-ジイソプロピルヒドロキノン-4-アセテート 2.5 g、3-クロロ-2-メチル-1-プロペン 3 g、無水塩化亜鉛 6 g、酢酸 2 ml およびジクロロメタン 20 ml を混じ、室温で6時間攪拌した。反応液を冷水中に注ぎ、酢酸エチル 100 ml で2回抽出し、水洗を繰り返した後、無水硫酸マグネシウムで脱水乾燥した。溶媒を留去して得られた淡褐色油状残渣をカラムクロマトグラフィー（シリカゲル、0.5%酢酸エチル含有n-ヘキサン）にて精製して、無色粘稠液体 2.2 g（収率72.3%）を得た。

(5) 2,2-ジメチル-4,6-ジイソプロピル-5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフランの合成

2,2-ジメチル-4,6-ジイソプロピル-5-アセトキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン 1.6 g を乾燥したジエチルエーテル 40 ml に溶解し、リチウムアルミニウムヒドリド 0.5

ルエン 100 ml を混じ、2時間攪拌しながら還流させた。反応液を氷水中に注ぎ、ベンゼン 300 ml で2回抽出し、水洗後、無水硫酸マグネシウムで脱水乾燥した。溶媒を留去して得られた黄色固形残渣をn-ヘキサンとエタノールから再結晶して、融点77~78℃を示す無色針状結晶 23.8 g（収率90.1%）を得た。

(2) 2,3-ジメチル-5-イソプロピルヒドロキノン-4-アセテートの合成

2,3-ジメチル-5-イソプロピルヒドロキノン-1,4-ジアセテート 23.8 g をエタノール 600 ml に溶解し、5℃にて攪拌しつつハイドロサルファイトナトリウム 4 g と水酸化ナトリウム 4 g を含む水溶液 40 ml を1時間かけて徐々に滴下した。反応液を氷水 1.5 l 中に注ぎ、希塩酸にて中和後、ジエチルエーテル 400 ml で2回抽出し、水洗後、無水硫酸マグネシウムで乾燥した。溶媒を留去して得られた黄白色固形残渣をエタノールとn-ヘキサンの混合物から再結晶して、融点94~96℃

g を氷冷、攪拌下に加え、30分間反応を続行させた。過剰のリチウムアルミニウムヒドリドを分離後、希塩酸、水にて順次洗浄し、無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。溶媒を留去して得られた淡黄色固形物をベンゼンとn-ヘキサンの混合物から再結晶して、融点68~72℃を示す無色針状結晶 1.2 g（収率87%）を得た。

・NMRスペクトル ( $\delta$ , ppm,  $\text{CDCl}_3$ , 60MHz)

1.26 (6H, d), 1.32 (6H, d), 1.40 (6H, s),  
2.10 (3H, s), 2.95 (2H, s), 3.0 (2H, m),  
4.1 (1H, s)

実施例 2

4-イソプロピル-2,2,6,7-テトラメチル-5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン

(1) 2,3-ジメチル-5-イソプロピルヒドロキノン-1,4-ジアセテートの合成

2,3-ジメチル-5-イソプロピルベンゾキノン 17.8 g、無水酢酸 60 ml、酢酸 10 ml、無水酢酸ナトリウム 5 g、亜鉛末 3 g およびト

を示す無色針状結晶 18.4 g（収率92.0%）を得た。

(3) 5-アセトキシ-4-イソプロピル-2,2,6,7-テトラメチル-2,3-ジヒドロベンゾフランの合成

2,3-ジメチル-5-イソプロピルヒドロキノン-4-アセテート 1.3 g、3-クロロ-2-メチル-1-プロペン 2 g、無水塩化亜鉛 3 g、酢酸 2 ml およびジクロロメタン 20 ml の混液を室温で一晩攪拌させた。反応液を氷水中に注ぎ、酢酸エチル 50 ml で2回抽出し、水洗を繰り返した後、無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。溶媒を留去して得られた黄褐色糊状残渣をカラムクロマトグラフィー（シリカゲル、1%酢酸エチル含有n-ヘキサン）に附し、1.4 g（収率86.6%）の淡黄色樹脂状物質を得た。

(4) 4-イソプロピル-2,2,6,7-テトラメチル-5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフランの合成

5-アセトキシ-4-イソプロピル-2,2,6,7-テトラメチル-2,3-ジヒドロベンゾフラン 1.4 g を乾燥したジエチルエーテル 45 ml に溶解し、氷冷下に攪拌しながらリチウムアルミニウムヒドリド 0.5 g を徐々に加えた後、30分間反応を続行した。過剰のリチウムアルミニウムヒドリドを分解後、希塩酸、水にて順次洗浄し、無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。溶媒を留去して得られた固形残渣をベンゼンとn-ヘキサンから再結晶して、融点85~88℃を示す無色針状結晶 1.0 g (収率84.2%) を得た。

・NMRスペクトル ( $\delta$ , ppm,  $\text{CCl}_4$ , 60MHz)

1.29 (6H, d), 1.45 (6H, d), 2.10 (6H, s),

3.0 (2H, s), 3.1 (1H, m), 4.2 (1H, s)

### 実施例 3

4-ターシャリーブチル-2,2,6,7-テトラメチル-5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン

(1) 2-ターシャリーブチル-5,6-ジメチル

n-ヘキサン 300 ml にて2回抽出し、抽出液を水洗して後、無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。溶媒を留去させて得られた黄色固形物をn-ヘキサンとエタノールの混合物から再結晶して、融点61~63℃を示す無色針状結晶 20.8 g (収率98.3%) を得た。

(3) 2-ターシャリーブチル-5,6-ジメチルヒドロキノン-4-アセテートの合成

2-ターシャリーブチル-5,6-ジメチルヒドロキノン-1,4-ジアセテート 20.8 g をエタノール 500 ml に溶解し、5℃にて攪拌しつつ、ハイドロサルファイトナトリウム 3 g と水酸化ナトリウム 3.4 g を含む水溶液 35 ml を1時間かけて徐々に滴下した。反応液を氷水 1.5 l 中にあげ、希塩酸で中和した後、ジエチルエーテル 300 ml で2回抽出し、水洗し、無水硫酸マグネシウムで脱水乾燥した。溶媒を留去して得られた黄白色固形残渣をエタノールとn-ヘキサン混合物から再結晶して、融点71~73℃の無色針状結晶 15.9 g (収率

### -1,4-ベンゾキノンの合成

2-ターシャリーブチル-5,6-ジメチルフェノール 17.5 g をn-ヘキサン 300 ml に溶解し、氷冷下に攪拌しつつフレイム塩 30 g と酢酸ナトリウム 25 g を含む水溶液 1.2 l を3時間かけて徐々に滴下した。滴下終了後も8℃以下を保ちつつ4時間にわたって攪拌を続行した。反応液をn-ヘキサン 300 ml で2回抽出し、水洗を繰り返した後、無水硫酸マグネシウムで脱水乾燥し、溶媒を留去した。得られた赤褐色油状物をカラムクロマトグラフィーにかけて黄色油状物質 14.6 g (収率77.5%) を得た。

(2) 2-ターシャリーブチル-5,6-ジメチルヒドロキノン-1,4-ジアセテートの合成

2-ターシャリーブチル-5,6-ジメチル-1,4-ベンゾキノン 14.6 g、無水酢酸 60 ml、無水酢酸ナトリウム 5 g、亜鉛末 5 g およびトルエン 100 ml を混合し、攪拌しながら2時間還流させた。反応液を氷水 500 ml 中に注ぎ、

89.7%) を得た。

(4) 5-アセトキシ-4-ターシャリーブチル-2,2,6,7-テトラメチル-2,3-ジヒドロベンゾフランの合成

2-ターシャリーブチル-5,6-ジメチルヒドロキノン-4-アセテート 1.2 g、3-クロロ-2-メチル-1-プロペン 3 g、無水塩化亜鉛 6 g、酢酸 2 ml およびジクロロメタン 20 ml を混じて、室温にて3日間攪拌を続行した。反応液を冷水中に注ぎ、酢酸エチル 100 ml で2回抽出し、水洗後、無水硫酸マグネシウムで乾燥した。溶媒を留去して得られた褐色半固形残渣をカラムクロマトグラフィー(シリカゲル、1%酢酸エチル含有n-ヘキサン)にて精製し、無色粘稠樹脂状物 1.4 g (収率94.9%) を得た。

(5) 4-ターシャリーブチル-2,2,6,7-テトラメチル-5-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフランの合成

5-アセトキシ-4-ターシャリーブチル

2,2,6,7-テトラメチル-2,3-ジヒドロベンゾフラン 1.4 g を乾燥ジエチルエーテル 45 ml に溶解し、氷冷攪拌下リチウムアルミニウムヒドリド 0.5 g を加え、30 分間攪拌を継続させた。過剰のリチウムアルミニウムヒドリドを分解させた後、希塩酸、水にて順次洗浄し、無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。溶媒を留去して得られた固形残渣をベンゼンと *n*-ヘキサンの混液から再結晶して、融点 75~81℃ を示す淡黄色針状結晶 1.2 g (収率 98% 以上) を得た。

・NMR スペクトル ( $\delta$ , ppm,  $\text{CDCl}_3$ , 60 MHz)

1.40 (6H, s), 1.48 (9H, s), 2.10 (6H, s), 3.22 (2H, s), 4.3 (1H, s)

前記抗酸化作用試験に用いた対照化合物 (3) は向井ら [Chem. Phys. Lipid., 46, 31 (1988)] によって報告されているが、対照化合物 (1), (2) および (4) については、新規化合物であるため以下に参考例としてその合成法を示す。

#### 参 考 例 1

エチルエーテル 100 ml に溶解し、リチウムアルミニウムヒドリド 0.5 g を氷冷、攪拌下に加え、室温にて 2 時間攪拌を行った。過剰のリチウムアルミニウムヒドリドを分解後、希塩酸、水にて順次洗浄し、無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。溶媒を留去して得られた淡黄色固形物をベンゼン-*n*-ヘキサンから再結晶して、融点 57~59℃ を示す 2,2,7,8-テトラメチル-5-イソプロピル-6-ヒドロキシ-3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピランの帯淡黄色結晶 1.8 g (収率 94.5%) を得た。

#### 参 考 例 2

2,2,8-トリメチル-5,7-ジイソプロピル-6-ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン (対照化合物 2)

2-メチル-3,5-ジイソプロピルヒドロキノン-4-アセテート 2.5 g、3-メチル-2-ブテン-1-オール 1.0 g、三弗化ホウ素エーテラート 0.5 ml、濃硫酸 0.2 ml およびジオキサン 30 ml を混じ、100℃ で 3 時間加熱攪拌した。

2,2,7,8-テトラメチル-5-イソプロピル-6-ヒドロキシ-3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン (対照化合物 1)

2,3-ジメチル-5-イソプロピルヒドロキノン-4-アセテート 2.2 g、3-メチル-2-ブテン-1-オール 1.0 g、無水塩化亜鉛 1.5 g、亜鉛末 0.5 g、酢酸 0.5 ml、酢酸エチル 10 ml およびトルエン 20 ml を混じ、100℃ で加熱しながら 3 時間攪拌した。反応液を氷水中に注加し、トルエン 100 ml で 2 回抽出し、水洗後、無水硫酸マグネシウムで乾燥した。溶媒を留去して得られた残渣をカラムクロマトグラフィー (シリカゲル、1% 酢酸エチル含有 *n*-ヘキサン) で精製して、無色水飴状の 6-アセトキシ-2,2,7,8-テトラメチル-5-イソプロピル-3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン 2.2 g (収率 76%) を得た。

次いで、先に得られた 6-アセトキシ-2,2,7,8-テトラメチル-5-イソプロピル-3,4-ジヒドロ-2H-ベンゾピラン 2.2 g を乾燥ジ

反応液を氷水 200 ml 中に注加し、ジエチルエーテル 150 ml で 2 回抽出、水洗後、無水硫酸マグネシウムで乾燥した。溶媒を留去して得られた淡黄色粘稠残渣をクロマトグラフィー (シリカゲル、1% 酢酸エチル含有 *n*-ヘキサン) で精製して、無色水飴状の 6-アセトキシ-2,2,8-トリメチル-5,7-ジイソプロピル-2,3-ジヒドロベンゾフラン 2.3 g (収率 72%) を得た。

6-アセトキシ-2,2,8-トリメチル-5,7-ジイソプロピル-2,3-ジヒドロベンゾフラン 2.2 g を乾燥したジエチルエーテル 100 ml に溶かし、リチウムアルミニウムヒドリド 1.0 g を氷冷下に加え、室温にて 2 時間攪拌した。過剰分のリチウムアルミニウムヒドリドを分解した後、希塩酸、水にて順次洗浄し、無水硫酸マグネシウムで脱水乾燥し、溶媒を留去させた。得られた淡黄色固形残渣をベンゼン-*n*-ヘキサンより再結晶して、融点 48~50℃ を示す無色針状結晶 1.7 g (収率 89%) を得た。

参 考 例 3

2,2-ジメチル-4,6-ジイソプロビル-5-  
ヒドロキシ-2,3-ジヒドロベンゾフラン (対  
照化合物 4)

2,6-ジイソプロビルヒドロキノン 2.0 g、  
3-クロロ-2-メチル-1-プロペン 3 g、  
無水塩化亜鉛 4 g、酢酸 2 ml およびジクロロメ  
タン 30 ml を混じて、室温にて 10 時間攪拌した。  
反応液を水中にあげ、酢酸エチルで抽出し、水  
洗後、無水硫酸マグネシウムで乾燥させた。溶  
媒を留去して得られた黄褐色糊状残渣をカラム  
クロマトグラフィー（シリカゲル、1% 酢酸エ  
チル含有 n-ヘキサン）で精製することによっ  
て、帯淡黄色澄明粘稠な 2,2-ジメチル-4,6-  
ジイソプロビル-5-ヒドロキシ-2,3-ジ  
ヒドロベンゾフラン 1.4 g（収率 55%）を得た。

出願人代理人 古 谷 馨